*Бегляров Г. А.* К биологии боярышникового паутинного клеща Tetranychus crataegi Hirst (Acariformes, Tetranychidae).— Энтомол. обозрение, 1959, **38**, вып. 1, с. 135.
*Вайнштейн Б. А.* Тетраниховые клещи Казахстана.— Тр. НИИ защиты растений Каз. акад. с/х наук, 1960, **5**, 275 с.
*Вассер Р. Э.* К вопросу о влиянии климатических факторов на развитие паутинного клеща (Epitetranychus althaeae v. Hanst.).— Защ. растений, 1938, № 17, с. 39—50.
*Лившиц И. З.* Материалы к морфологии и биологии тетраниховых клещей, вредящих плодовым культурам.— Тр. Никит. бот. сада, 1960, **33**, с. 77—156.
*Лившиц И. З.* Морфологические и биологические особенности красного плодового и садового паутинного клещей.— Там же, 1967, **39**, с. 73—110.
*Петров В. М.* Зависимость развития и плодовитости паутинных клещей Tetranychus urticae Koch и T. cinnabarinus Boisduval (Acariformes, Tetranychidae) от температуры и относительной влажности воздуха.— Изв. АН ЛатвССР, 1973, № 3, с. 20—26.
*Прокофьев М. А.* Клещи, вредящие плодовым и ягодным растениям в Сибири.— В кн.: Тез. докл. I акар. совещ. Л. : Наука, 1966, с. 167.
*Ребеза А. Г.* Некоторые вопросы биологии и меры борьбы с плодовыми клещами.— Тр. Кишин. с.-х. ин-та им. Фрунзе, 1960, **18**, с. 255—256.
*Савздарг Э. Э.* Клещи на ягодных культурах (их вредоносность, биология, экология, особенности и разработка комплекса мер борьбы в условиях нечерноземной полосы): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1955.— 35 с.
*Сидляревич В. И.* Биология красного яблонного клеща в условиях Белоруссии.— Изв. АН БССР, 1966, № 2, с. 68—73.
*Эглитис В. К.* Растительноядные клещи Латвийской ССР.— В кн.: Труды по защите растений (Ин-т биологии АН ЛатвССР). Рига : Изд-во АН ЛатвССР, 1956, с. 43—50.
*Skorupska A.* Obserwacje nad morphologią i biologią przedziorka malinowca Neotetranychus rubi (Trag), Acarina, Tetranychidae.— Pr. Nauk. Inst. Ochr. Roslin., 1975, **17**, z. **1**, s. 153—168.
*Frägardh I.* Morphologische und systematische Untersuchungen über die Spinnmilben Tetranychus Dufour.— Z. ang. Entomol. 1915, 2, N 1, S. 158—163.

Институт биологии АН ЛатвССР Получено 30.12.83

УДК 599.323.4:632.959

**Л. Ф. Васьковская, А. О. Чернышева, А. Ф. Бабичева, И. И. Павлова**

# ОСТАТОЧНЫЕ КОЛИЧЕСТВА ПЕСТИЦИДОВ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ КАРПА

**Материал и методы.** Для установления количественных критериев оценки потенциальной и реальной опасности стойких пестицидов в условиях искусственного выращивания рыб проведено три эксперимента на карпах (свыше 600 рыб). До начала эксперимента определяли массу тела рыб, количество корма, съедаемого за одно кормление.

Химические исследования проводили с использованием тонкослойной и газожидкостной хроматографии. Анализу подвергали пробы воды, корм и различные органы рыб (всего свыше 1500 анализов). Для затравки использовали наиболее распространенные пестициды — ДДТ, его метаболиты, ГХЦГ, хлорофос. Расчетным путем устанавливали индексы кумулятивной емкости, коэффициенты метаболизма (по концентрации токсикантов и их метаболитов в различных органах рыб) и суммарную пестицидную нагрузку. Активность ферментов, характеризующих состояние энергетического обмена — сукцинатдегидрогеназы, цитохромоксидазы, лактатдегидрогеназы и креатинкиназы — определяли в гомогенатах печени.

Наряду с этим химическому анализу подвергались компоненты системы хозяин — паразит. На содержание пестицидов анализировали пробы инвазированных рыб, а также самих гельминтов.

Стандартными гистологическими методами (Меркулов, 1961) устанавливали изменения в тканях рыб при различной пестицидной нагрузке.

Эксперимент 1. Для изучения динамики распределения, накопления, степени биотрансформации стойких хлорорганических пестицидов годовикам карпа в течение 50 суток скармливали до 14 раз в сутки корм, содержащий в сумме 1,8 мг/кг ДДТ, ДДЭ, ДДД, ГХЦГ и через каждые 5 суток из садков отлавливали по 10 рыб. Химическому исследованию на содержание пестицидов подвергали пробы печени, мозга, мышц, кишечника, а также воду и корм.

Эксперимент 2. Выявляли зависимость накопления токсикантов, поступающих с кормом в организм карпа, от плотности посадки рыбы в садке, а также степень и направленность биотрансформации пестицидов у сытой и голодной рыбы. Отлавливали годовиков карпа из садков с плотностью посадки 100 шт/м$^2$ (сытые и голодные) и 500 шт/м$^2$ (сытые). Химическому анализу подвергали пробы сердца, печени, почек,

селезенки, мозга, мышечной ткани, кишечника и гонад, жировой ткани не менее чем от 10 рыб.

Эксперимент 3. Для установления уровня, при котором содержание токсических веществ (в различных комбинациях), циркулирующих во внешней среде, становится вредным для рыбы, поставили острый опыт «доза — токсический эффект». Подопытные рыбы были разбиты на 6 групп, по 20 рыб в каждом аквариуме. С кормом ежедневно давали рыбе смесь пестицидов ДДТ, ДДЭ, ДДД и ГХЦГ в разных дозах, но в эквивалентных количествах. I группа ежедневно получала с кормом 50 мг/кг ДДТ+ДДЭ+ДДД+ГХЦГ; II — 10; III — 1,0; IV — 0,5; V — 10,0 мг/кг ДДТ+ДДЭ+ +ДДД+ГХЦГ+0,1 мг/кг гранозана; VI группа — контроль. Содержание пестицидов в воде равнялось 0,003 мг/л, в чистом корме — 0,2 мг/кг. Опыт продолжался 14 суток.

**Результаты исследований.** Максимум накопления пестицидов наблюдался в кишечнике на 15-е сутки, в печени на 25-е, в мозге на 30-е. В мышечной ткани пестициды накапливались в значительно меньших количествах. К 50-м суткам наступали спад концентрации пестицидов и стабилизация уровней накопления их до 1—2 мг/кг в мозге и печени. Этот период следует рассматривать как время наступившей адаптации организма к токсическим веществам.

Результаты эксперимента 2 позволили установить, что годовики карпа способны кумулировать в первые 30 суток кормления до 28 % пестицидов, поступивших в организм с кормом.

Установлено, что плотность посадки рыб в садке влияет на уровень накопления пестицидов в их организме. При относительно близкой частоте обнаружения содержание депонированных пестицидов в кишечнике, гонадах, почках, печени рыб с плотностью посадки 500 и 100 шт/м$^2$ значительно отличаются (табл. 1).

У голодных рыб содержание токсических веществ в органах в целом на порядок ниже, чем у сытых (кроме содержания пестицидов в селезенке). Показатель частоты обнаружения у голодных рыб составляет всего 50 %, что связано с незначительным загрязнением самого рыбопосадочного материала.

Если в группе с плотностью посадки 500 рыб/м$^2$ биотрансформация пестицида во всех органах находилась примерно на одинаковом уровне при коэффициенте метаболизма 0,51, то в группе с плотностью посадки 100 рыб/м$^2$ этот коэффициент равен 0,32. Это свидетельствует, что в организме рыб второй группы лишь 32 % депонированного пестицида находилось в форме неразложившегося препарата — ДДТ. Выраженность процессов биотрансформации пестицидов в органах указывает на повышенную детоксикационную их функцию и является результатом защитных реакций организма. Характерной чертой для этой группы рыб является направленность процесса превращения пестицида в сторону образования менее токсичного метаболита ДДД.

У голодных рыб (плотность посадки 100 шт/м$^2$) уровень накопления пестицидов относительно низок, однако в органах резко выражено различие в степени и направленности процессов метаболизма. Так, при заторможенном метаболизме в печени, активные процессы детоксикации пестицидов наблюдались в селезенке, кишечнике и гонадах. Это свидетельствует, что в организме, ослабленном голодом, даже при низкой пестицидной нагрузке выраженность защитных реакций очевидна.

Результаты эксперимента 3 позволили установить уровни содержания пестицидов в органах рыб в зависимости от поступившей дозы (табл. 2). К концу опыта максимальное содержание пестицидов в I группе рыб установлено в мозге и мышцах: ДДТ 25 % от поступившей дозы, ДДЭ — 30 %, ДДД — 25 % и ГХЦГ — 10 %.

Различные дозы пестицидов вызывали заметные изменения в поведении рыб. Так, в I группе уже на вторые сутки было замечено беспокойство рыб, у них исчезла плавность движений; к 5—7-м суткам наблюдалась частичная потеря координации движения; на 8—9-е сутки усилился токсикоз, рыбы плавали на боку, выпрыгивали из аквариума; у некоторых были судороги, тело рыб покрывалось матовой пленкой.

**Таблица 1. Расчетные данные содержания пестицидов в организме годовиков карпа**

| Показатель | Сердце | Печень | Почки | Селезенка | Мозг | Мышцы | Кишечник | Гонады |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Плотность посадки 500 шт/м², сытые | | | | | | | | |
| Суммарная нагрузка пестицидов (ДДТ+ +ДДЭ+ДДД+ГХЦГ, мг/кг) | 6,02 | 3,58 | 8,43 | 5,83 | — | 1,17 | 1,53 | 1,75 |
| Коэффициент метаболизма | 0,46 | 0,51 | 0,45 | 0,45 | — | 0,61 | 0,68 | 0,44 |
| Направление метаболизма ДДТ | →ДДД | →ДДД | →ДДД | →ДДД | — | →ДДЭ | →ДДЭ | →ДДЭ |
| Плотность посадки 100 шт/м², сытые | | | | | | | | |
| Суммарная нагрузка пестицидов (ДДТ+ +ДДЭ+ДДД+ГХЦГ, мг/кг) | — | 10,05 | 9,90 | 3,30 | 2,05 | 1,80 | 5,90 | 9,75 |
| Коэффициент метаболизма | — | 0,25 | 0,21 | 0,30 | 0.57 | 0,61 | 0,16 | 0,20 |
| Направление метаболизма ДДТ | — | →ДДД | →ДДД | →ДДД, ДДЭ | →ДДД | →ДДД | →ДДД | →ДДД |
| Плотность посадки 100 шт/м², голодные | | | | | | | | |
| Суммарная нагрузка пестицидов (ДДТ+ +ДДЭ+ДДД+ГХЦГ, мг/кг) | — | 0,65 | 0,30 | 4,05 | 0,40 | 0,75 | 0,45 | 0,75 |
| Коэффициент метаболизма | — | 1,00 | 0,50 | 0,33 | 0,50 | 0,50 | 0,33 | 0,30 |
| Направление метаболизма ДДТ | — | →ДДЭ, ДДД | →ДДЭ | →ДДЭ, ДДД | →ДДЭ, ДДД | →ДДЭ, ДДД | →ДДЭ, ДДД | →ДДД |

Примечания: а) при частоте обнаружения пестицидов в I группе от 64 до 100 % в пределах 0,15—2,07 мг/кг; во II группе от 50 до 100 % в пределах 0,05—5,00 мг/кг; в III группе от 50 в пределах 0,05—1,50 мг/кг; б) коэффициент метаболизма $K_{м,\%} = \frac{\text{содержание ДДТ}}{\text{содержание ДДЭ+ДДД}} \cdot 100\ \%$.

К 11-м суткам все рыбы погибли. Во II группе рыбы отказывались от пищи, проявляли беспокойство, частично нарушалась координация движений и к 11-м суткам погибли (20 %) слабые особи. В III, IV и VI группах рыбы не проявляли такого беспокойства. В V группе к концу первых суток проявилась резкая картина отравления, рыбы выбрасывались из воды, плавали на боку, однако двое суток они не отказывались от пищи. На 3—6-е сутки наступал паралич, и все рыбы этой группы погибли. Если в I группе отмечалась активность процессов детоксикации, то в V группе трансформация ДДТ была заторможенной.

**Таблица 2. Средняя кумуляция пестицидов тканями карпа**

| Группа | Доза, мг/кг | Содержание пестицидов, мг/кг | |
|---|---|---|---|
| | | Мозг и мышцы | Паренхиматозные органы |
| I | 50 | 6,25±0,37 | 3,12±0,28 |
| II | 10 | 3,00±0,28 | 1,37±0,09 |
| III | 1,0 | 0,94±0,065 | 0,39±0,021 |
| IV | 0,5 | 0,45±0,06 | 0,07±0,006 |
| V | 10,1 | 3,44±0,15 | 1,77±0,11 |
| VI | Контроль | 0,20±0,07 | 0,016±0,001 |

Таким образом, результаты эксперимента позволяют высказать предположение о том, что при комбинированном действии хлорорганических пестицидов (ДДТ+ДДЭ+ДДД+ГХЦГ) токсический эффект ослаблен даже при больших дозах. При более низких дозах комбинированного действия ДДТ+ДДЭ+ДДД++ГХЦГ в соединении с ртутьпроизводными препаратами токсический эффект резко увеличивается. Следует предположить наличие антагонистических отношений при комбинированном действии γ-изомера ГХЦГ с ДДТ и его метаболитами. Полученные результаты согласуются с данными литературы (Каган, 1981).

В целях изучения возможного сочетанного влияния различных химических веществ и паразитов на рыб, выращиваемых в производственных условиях, были исследованы компоненты системы хозяин — паразит на содержание в них хлор- и фосфорорганических пестицидов. С апреля по октябрь 1983 г. установлен уровень накопления, характер распределения, степень и направленность биотрансформации токсикантов в годовике карпа и гельминтах (табл. 3).

**Таблица 3. Содержание пестицидов в тканях карпа и паразитах**

| Объект | Содержание пестицидов, мг/кг | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ДДТ | ДДЭ | ДДД | ГХЦГ |
| Мозг | 1,45—3,50 | 0,40—2,60 | 0,90—2,10 | 0,10—0,50 |
| Мышцы | 0,88—3,05 | 0,37—1,77 | 0,17—1,40 | 0,10—0,30 |
| Ботриоцефалюс | 1,30—8,00 | 2,00—6,00 | 1,25—6,00 | 1,00—4,00 |

В результате комплексных химических и паразитологических исследований * (100 сеголеток карпа) установили уровни содержания хлорорганических пестицидов в различных органах рыб и зараженность рыбы паразитами: на поверхности тела и жабрах экстенсивность заражения ихтиофтириусами составила 100 %, при интенсивности от 6 до 22 экз. На жабрах и поверхности тела 60 % обследованных рыб обнаружены моногенеи (дактилогирусы) от 1 до 4 экз. Экстенсивность заражения поверхности тела лернеа составила 100 % при интенсивности от 1 до 18 экз. В кишечнике 40 % обследованных рыб обнаружен ботриоцефалюс (от 36 до 72 экз.).

Результаты химических исследований органов рыб и ботриоцефалюса представлены в табл. 4.

* Паразитологические исследования проведены Л. В. Стражник.

**Таблица 4. Содержание пестицидов (мг/кг) в сеголетках карпа и гельминтах (ботриоцефалюс)**

| Объект | Неинвазированный карп | | | | Инвазированный карп | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДДТ | ДДЭ | ДДД | ГХЦГ | ДДТ | ДДЭ | ДДД | ГХЦГ |
| Сердце | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | 0,30 |
| Печень | 1,20 | 1,00 | 1,00 | 0,50 | 2,00 | 4,00 | 5,00 | 0,30 |
| Почки | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 1,00 | 2,50 | 1,00 | 0,50 |
| Селезенка | 0,30 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,30 |
| Мозг | 0,20 | 0,20 | 0,10 | н/о | 2,00 | 1,50 | 0,20 | 0,10 |
| Кишечник | 0,40 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 3,00 | 4,00 | 2,00 | 2,00 |
| Ботриоцефалюс | — | — | — | — | 4,00 | 5,00 | 5,00 | 0,50 |

Патоморфологическими исследованиями были установлены дистрофические изменения в печени, где при максимальной пестицидной нагрузке встречались и некротизированные участки ткани. В жабрах прослеживались полнокровие сосудов жаберных лепестков, отек тканей, а при максимальной нагрузке пестицидов, применявшейся в опыте,— гемморагия, разрыв мелких кровеносных сосудов.

Установлено, что при интоксикациях хлор- и фосфорорганическими пестицидами происходят изменения в некоторых важнейших звеньях энергетического обмена рыб. При этом действие каждой группы пестицидов имеет свои отличительные черты. Интоксикация хлорорганическими пестицидами сопровождается снижением активности креатинкиназы и цитохромоксидазы и повышением активности лактатдегидрогеназы. Изменения активности сукцинатдегидрогеназы менее выражены. Наиболее глубокие изменения активности сукцинатдегидрогеназы и креатинкиназы отмечены при интоксикации хлорофосом.

*Каган Ю. С.* Новые данные в области экспериментальной патологии химической этиологии.— В кн.: Проблемы гигиены и токсикологии пестицидов. Основные результаты и задачи исследований по теоретическим вопросам токсикологии пестицидов. Киев : Здоровье, 1975, с. 111—112.

*Меркулов Г. А.* Курс патологогистологической техники.— Л. : Медгиз, 1961.— 268 с.

Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена АН УССР
Киевский институт усовершенствования врачей МЗ УССР

Получено 05.04.85

*ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ*

1. В № 3 за 1985 г., с. 27, заглавие над вторым абзацем снизу должно быть: *Gongromastix minor* Mamaev, sp. n.
2. В № 4 за 1985 г., с. 19, третий и четвертый абзацы снизу следует перенести на с. 15, перед определительной таблицей.